Hayriye Uygun

DER CADMIUM-GEHALT DES ZAHNSTEINS BEI VERSCHIEDENEN RAUCHGEWOHNHEITEN

Diss. München
1983

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Direktor: Prof. Dr. E. SONNABEND

der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der
Universität München

DER CADMIUM-GEHALT DES ZAHNSTEINS BEI VERSCHIEDENEN RAUCHGEWOHNHEITEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hayriye Uygun

aus

München

1983

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. E. Sonnabend

Dekan: Prof Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.Juli 1983

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meinem Mann gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	LITERATURÜBERSICHT	4
2.1	Cadmium	4
2.1.1	Eigenschaften und Vorkommen	4
2.1.2	Produktion und Verbrauch	6
2.1.3	Cadmium und Ökosystem	8
2.2	Aufnahme und Resorption	9
2.2.1	Orale Aufnahme	10
2.2.2	Gastro-intestinale Resorption	10
2.2.3	Inhalative Cadmium-Aufnahme	11
2.2.4	Pulmonale Resorption	12
2.2.5	Die gesamte Belastung durch Cadmium-Resorption	12
2.3	Transport und Verteilung	13
2.4	Toxikologische Wirkungen des Cadmiums	18
2.4.1	Die akute Vergiftung	18
2.4.2	Chronische Cadmium-Vergiftung	19
2.4.3	Carcinogenität	20
2.5	Cadmium in Zahnhartgeweben	20
2.6	Schwermetallgehalt im Zahnstein	24

		Seite
3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	27
3.1	Auswahl des Personenkreises	27
3.2	Probennahme	28
3.3	Wägung der Proben	29
3.4	Cadmiumbestimmung mit der AAS	30
3.4.1	AAS-Flammenlos	31
3.4.2	Aufbereitung der Proben	32
3.4.3	Messung des Cd-Gehaltes der einzelnen Probenlösung im AAS	33
4.	ERGEBNISSE	34
4.1	Vergleichende Darstellung der Ergebnisse	38
4.2	Korrelation zwischen Cadmium-Gehalt im Zahnstein und Rauchmenge	50
5.	KRITISCHE AUSWERTUNG	52
5.1	Cadmium-Gehalt im Zahnstein bei verschiedenen Rauchgewohnheiten	52
5.2	Häufigkeitsverteilung der Rauchgewohnheiten in Abhängigkeit vom Geschlecht	55
5.3	Cadmium-Gehalt im Zahnstein in Abhängigkeit vom Geschlecht	55
5.4	Rauchmenge und Verteilung des Cadmiums	56
5.5	Cadmium-Gehalt im Zahnstein in Abhängigkeit vom Beruf	58
5.6	Cadmium-Gehalt im Zahnstein in Abhängigkeit von der Nationalität	59

		Seite
6.	ZUSAMMENFASSUNG	60
7.	SCHRIFTTUM	62
8.	LEBENSLAUF	68

1. EINLEITUNG

Das Element Cadmium wurde im Jahre 1817 erstmals von STROHMEYER und ROLOFF gefunden.
Es wurde als ein "überall verbreitetes Spurenelement" bezeichnet (CUMBROWSKY 1975), das infolge seiner chemischen Verwandtschaft mit Zink, häufig mit diesem verbunden erscheint.

In der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts tritt nun dieses ehemals bedeutungslose Schwermetall als ein allgegenwärtiges wachsendes ökologisches Problem auf, dessen Ausmaße bislang noch nicht weitgehend bekannt sind.
Die Weltproduktion an Cadmium ist von 1.000 t / 10 Jahre (1910 - 1919) auf 150.000 t / 10 Jahre (1970 - 1979) angestiegen (CEC 1981), wobei die BRD im Bereich der Europäischen Gemeinschaft der größte Produzent und Verbraucher von Cadmium ist.

Der Hauptteil des an die Umwelt abgegebenen Cadmiums stammt jedoch nicht aus der Produktion und dem Verbrauch von Cadmium selbst, sondern aus der Verhüttung von Eisen und der Verbrennung von Kohle. Des weiteren wird der Gehalt an Cadmium der Ackerböden bestimmt durch deren jeweilige Lage (z. B. Nähe Cadmiumhütte) und durch cadmiumhaltige Düngung, sei es in Form von Superphosphatdünger oder Klärschlamm.

Nachrichten über endemische Vergiftungsfälle in Shipham, Großbritannien (HARVEY u. a. 1979), die auf Umweltbelastung durch Cadmium zurückzuführen waren, sowie extrem hohe Boden- und Nahrungsmittelbelastungen in der Nähe der Kläranlage München-Großlappen haben durch ihre Verbreitung in der Tagespresse unter der Bevölkerung Aufsehen erregt.

Zahlreiche Untersuchungen auf dem Gebiet der Ökotoxikologie des Cadmiums sind daher eine notwendige Folge.

Inzwischen existieren Forschungsergebnisse über die Wirkung des Cadmiums auf Lunge, Niere, Leber, Gastro-Intestinaltrakt, Plazenta, Herz-Kreislauf- und Knochensystem.

Es wurden epidemiologische Untersuchungen in Industrieländern erstellt (SHIROISHI 1977), sowie in Tierversuchen Karzinogenität (FRIBERG 1974), Mutagenität und Teratogenität (BUI u. a. 1975) des Cadmiums in Frage gestellt.

Dabei traten jeweils sehr unterschiedliche Ergebnisse auf, die auf die Verschiedenheit der untersuchten Gruppen zurückzuführen waren (z. B. beruflich exponiert - nicht exponiert - Raucher - Nicht-Raucher - Stadt-/Landbewohner)

Die Aufnahme des Cadmiums erfolgt im wesentlichen über den Respirations- und Verdauungstrakt.

Führt man sich nun die anatomischen Gegebenheiten des Menschen vor Augen, so stellt sich die Frage, inwieweit es innerhalb der Mundhöhle zu Cadmium-Ablagerungen kommt.

Untersuchungen über Blei-Cadmium-Gehalt des Zahnsteins und der Zähne exponierter Gruppen liegen seit einiger Zeit vor.

Berücksichtigt man, daß ein Großteil des im Organismus aufgenommenen Cadmiums in Form von Inhalation von Zigarettenrauch dorthin gelangte, so ergibt sich in den Untersuchungen ein neuer Aspekt, der sich mit der Frage befaßt, inwieweit es zu Cadmium-Ablagerungen im Zahnstein durch Rauchgewohnheit kommt.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1 Cadmium

2.1.1 Eigenschaften und Vorkommen

Cadmium wurde von STROHMEYER im Jahre 1817 bei der Untersuchung von Zinkcarbonat entdeckt. Er erkannte, daß die gelbe Farbe des beim Glühen entstehenden Zinkoxyds von einem noch unbekannten Metalloxid herrührte.

Da dieses Element im Zinkrohstoff Galmei, der auch "Cadmia" genannt wurde, vorkam, gab er ihm den Namen "Cadmium".

Cadmium (Cd)

Ordnungszahl im Periodensystem:	48
Atomgewicht:	112,4
Spezifisches Gewicht:	8,64 g/cm³
Schmelzpunkt:	320,9°C
Siedepunkt:	765°C

Dieses Schwermetall ist weich, duktil und silberweiß, an der Luft sehr beständig, bei längerem Liegen tritt lediglich geringer Glanzverlust auf. Beim Erhitzen entstehen durch Bildung dünner Oxidhäutchen gelbe bis braun Anlauffarben.

Erhitzt man das Metall bis zur Verflüchtigung, so verbrennt es mit rot-gelber Flamme zu giftigem, braunem Cadmiumoxid.

Cadmium ist in Salpetersäure leicht, in Salzsäure und Schwefelsäure schwer löslich; in Basen ist es unlöslich. Durch das unedlere Zink wird Cadmium aus seinen Lösungen abgeschieden (SCHULTE-SCHREPPING, KAUFMANN 1972).

Das bekannteste Cadmiummineral ist der Greenokit, ein Cadmiumsulfid mit 77,6 % Cadmium, das an verschiedenen Fundstellen vorkommt.
Ein Cadmiumcarbonat mit 61,5 % Cadmium wird nach seiner Fundstelle der Tsumebgrube im Otavi-Feld in Südwest-Afrika Otavit genannt.
Auf Sardinien wurde in einem Zinkerzlager reines Cadmiumoxid mit 87,5 % Cadmium gefunden.
In kleinen Mengen, 0,1 - 0,01 % findet sich Cadmium in den Erzen von Zink, Kupfer und Blei. Das meiste Cadmium wird gewonnen während der Verarbeitung bei Röst- und Schmelzprozessen.
Ferner fällt es als Nebenprodukt bei der Verhüttung der obengenannten Metalle an.
Keiner der erwähnten Mineralien ist für die technische Gewinnung des Cadmiums von Bedeutung,da die Vorkommen zu gering sind.
Cadmium findet man außerdem fast immer vergesellschaftet mit Zink:
Im Galmei (Zinkkarbonat) sind 5 % und in der Zinkblende 0,1 - 0,2 % Cadmium enthalten.

In unbelasteten Gebieten liegt die Cadmium-Konzentration in der Bodenkrumme unter 1 µg/g. Im Quellwasser ist mit einem Cadmium-Gehalt von unter 1 µg/l zu rechnen, Reinluftgebiete weisen Werte von 1 ng/m³ auf.
Bei industrieller Belastung eines Gebietes steigen alle oben aufgeführten Werte auf ein Mehrfaches an (IARC 1976).

Um die Humantoxizität des Cadmiums voll zu erfassen, ist es von Bedeutung, auf die Umweltbelastung durch Cadmium einzugehen und aufzuzeigen, wie Cadmium in die Nahrungskette gelangt.

2.1.2 Produktion und Verbrauch

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, stieg die Cadmium-Metallgewinnung in den letzten Jahrzehnten in enormem Umfang an. Eine Übersicht stellen nachfolgende Tabellen dar.

	Produktion		Verbrauch	
	1968	1978	1968	1978
B.R.D.	342	1.181	1.702	1.836
E.G.	2.084	4.080	3.533	6.247
Japan	2.195	2.531	1.504	1.131
U.S.A.	4.831	1.708	6.175	4.695
UdSSR	2.200	3.000	1.735	2.500
Welt	14.973	17.153	15.974	16.784

Tabelle 1: Produktion und Verbrauch (in Tonnen/Jahr) von Cadmium (nach CEC 1981)

Farben	31,2 %
Stabilisation für Kunststoffe	20,0 %
Batterien	13,0 %
Galvanisierung	21,7 %
Legierungen	2,6 %
Cadmium-Verbindungen	5,0 %
Cadmium in Zink	2,8 %
andere Produkte	3,7 %
	100,0 %

Tabelle 2: Verbrauch von Cadmium in der Bundesrepublik Deutschland 1977

Die Bundesrepublik Deutschland ist im Bereich der Europäischen Gemeinschaft der größte Produzent und Verbraucher von Cadmium. Der Verbrauch teilte sich z. B. 1977 in der in Tabelle 2 angegebenen Weise auf.

2.1.3 Cadmium im Ökosystem

Aus dem UBA (1981) wird eine jährliche Cadmium-Abgabe an die Luft von ca. 90 Tonnen pro Jahr für die BRD angegeben.

Der Cadmiumgehalt im Ackerboden liegt normalerweise unter 1 mg/kg (CEC 1981). Wie zu erwarten, sind die Konzentrationen in der Nähe von Cadmium-Hütten wesentlich höher (CARRUTHERS 1979). Daneben werden jedoch große Mengen an Cadmium mit Superphosphatdünger und Klärschlämmen auf die Felder ausgebracht. DIEZ und ROSOPULO (1976) untersuchten Abwässer und Klärschlämme aus der Mülldeponie München-Großlappen. Der mittlere Cadmium-Gehalt betrug 1972 - 1974 im Trockenschlamm ca. 180 mg / kg.

Es wurden mehrere Modelle für den Cadmium-Kreislauf in verschiedenen Ökosystemen erarbeitet (CEC 1981).

Zahlreiche Nahrungsmittel wurden auf ihren Cadmium-Gehalt hin untersucht. Leber und Niere, Fisch, Muscheln und Krabben, aber auch einige pflanzliche Nahrungsmittel wie z. B. Blattgemüse und wildwachsende Pilze zeigten dabei Spitzenwerte über 1 mg / kg (FATHI 1980, LAUB 1977).

Der Cadmium-Gehalt des Trinkwassers macht in der Regel nur einen relativ geringen Anteil an der insgesamt vom Menschen resorbierten Cadmium-Menge aus.

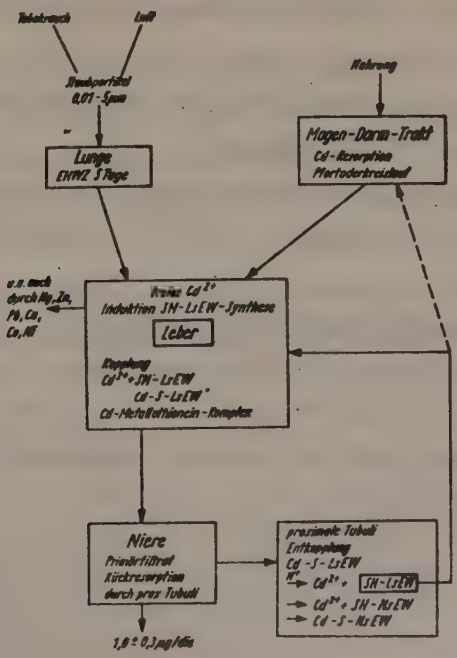
2.2 Aufnahme und Resorption

Unter Aufnahme versteht man den gesamten Eintritt des Cadmiums in den Körper, sei es über die Lunge oder den Verdauungstrakt.

Resorption ist international definiert (TASK GROUP METAL ACCUMULATION 1973) als Eintritt des Metalls in den Körper durch eine Membran. Nur ein geringer Anteil des aufgenommenen Cadmiums wird resorbiert und im Körper abgelagert.

Die nachfolgende Zeichnung enthält einen Überblick über Aufnahme und Stoffwechsel des Cadmiums im menschlichen Körper (AUERMANN, DÖSSLER, CUMBROWSKI 1978).

Abb. 1



SH-LsEW — leberspezifischer Eiweißkomplex;
SH-NsEW — nierenspezifischer Eiweißkomplex;
EHWZ — Eliminationshalbwertzeit

Bei der beruflich nicht belasteten Bevölkerung stellen die Nahrung und das Rauchen die beiden Hauptquellen der Cadmium-Aufnahme dar, bei Nicht-Rauchern ist die Nahrung mit Abstand der wichtigste Aufnahmeweg. Andere Wege der Resorption, wie z. B. über die Haut oder durch Plazenta sind zu vernachlässigen (LAUWERYS 1982).

2.2.1 Orale Aufnahme

R. R. LAUWERYS (1978, 1982) schätzt, daß in Europa und in den USA die tägliche Cadmium-Aufnahme über die Nahrung 4 - 8 µg beträgt.

Die International Agency for Research on Cancer (IARC 1976) gibt für die Bundesrepublik Deutschland eine tägliche mittlere orale Aufnahmemenge von 48 µg Cadmium an. Die BRD steht damit zusammen mit Japan und einigen anderen stark industrialisierten Ländern an der Spitze der Aufnahmemengen über die Nahrung.

In der WHO/FAO-Studie (1972) wird eine maximale tolerierbare Höchstmenge von 57 - 71 µg/Tag empfohlen.

2.2.2 Gastro-intestinale Resorption

Die meisten Untersuchungen hierzu haben eine gastro-intestinale Resorptionsrate von durchschnittlich ca. 5 % bzw. unter 10 % ergeben (LAUWERYS 1977, 1982 a, CEC 1981, JOAS 1981).

Verschiedene Faktoren wie z. B. ein Mangel an Cadmium, Proteinen oder Vitamin B_6 in der Nahrung erhöhen die Resorptionsrate (FRIBERG 1974, NORDBERG 1976). Als wichtigsten Faktor betrachtet man z. Z. den Einfluß von Eisenmangel (LAUWERYS 1982a, 1982b, CEC 1981).

2.2.3 Inhalative Cadmium-Aufnahme

Das Rauchen stellt bei beruflich nicht exponierten Personen den Hauptfaktor für die inhalative Cadmium-Aufnahme dar. Nichtraucher resorbieren ca. 5 % (d. h. nicht mehr als 0,2 µg Cadmium/Tag) der Gesamtmenge an Cadmium über die Lunge und ca. 95 % gastro-intestinal.
Bei Rauchern stellt jedoch das Cadmium aus dem Tabak einen entscheidenden Anteil an der Gesamtbelastung dar.

Eine Zigarette enthält im Mittel 1,7 µg Cadmium.
13 - 69 % hiervon gelangen über den Rauch in die Lunge.
Raucher, die täglich 20 Zigaretten inhalieren, resorbieren ca. 1,4 µg Cadmium pro Tag (IARC 1976, ÖSTERGAARD 1978).
Bei beruflicher Exposition stellt die Inhalation von Cadmium-Stäuben und -Dämpfen oftmals die Hauptgefahrenquelle dar.

2.2.4 Pulmonale Resorption

R. R. LAUWERYS (1976, 1978, 1982a, 1982b) schätzt, daß 20 - 30 % des inhalierten Cadmiums in den Lungen deponiert wird. Circa 65 % hiervon entsprechen 13 - 19 % des insgesamt inhalierten Cadmiums. EINBRODT (1976), NORDBERG (1976) und UBA (1977) kommen zu ähnlichen Ergebnissen, wie sie bereits 1974 von FRIBERG et al. angegeben waren. Die Depositions- und Resorptionsquote ist abhängig von der Teilchengröße (FRIBERG, 1974, NORDBERG, 1976) und dem physikalisch-chemischen Verhalten der inhalierten Cadmium-Verbindung.

2.2.5 Die gesamte Belastung durch Cadmium-Resorption

Aus den nachfolgenden Resorptionsquoten läßt sich die derzeitige Gesamtbelastung der Menschen in der BRD abschätzen. SARTORIUS und Mitarbeiter (1977) unterschieden in ihrer Tabelle 3 zwischen verschiedenen Belastungszonen.

	Ländliche Gebiete	Ballungs-gebiete	Gebiete in Emittentennähe
Luft	0,010	0,070	0,210
Trinkwasser	0,7	0,7	0,7
Nahrung	4,0	4,0	8,8
Zigaretten	1,4	1,4	1,4
Gesamt:	6,1	6,2	11,1

Tabelle 3: Maximale Cd-Resorption des Menschen in µg/Tag (nach SARTORIUS und Mitarb.)

Entsprechend dieser Aufgliederung nimmt der Mensch über die Nahrung und den Zigarettenrauch den größten Teil des Cadmiums auf.
Da jedoch die Luft eine wichtige Überträgerfunktion am Anfang der Kette - Cadmium in Staub, Boden, Pflanze, Futtermittel, Tieren, Nahrung - hat, darf die Cd-Luftkonzentration nicht unterschätzt werden.

2.3 Transport und Verteilung

Die Frage, in welcher Form das Cadmium von der Lunge und dem Magen-Darm-Trakt in die anderen Organe gelangt, ist speziell beim Menschen bislang nicht hinreichend geklärt.

LAUWERYS (1982), PISCATOR (1977) und NORDBERG (1978) erklären den Vorgang, den man nach wie vor als hypothetisch bezeichnet folgendermaßen:
Cadmium, das aus dem Magen-Darm-Trakt und aus der Lunge resorbiert wurde, gelangt zunächst auf dem Blutwege in die Leber, wo es an Metallothionen gebunden wird.
Dieser Komplex wiederum wird erneut an das Blut abgegeben, durch die Glomeruli der Niere filtriert, in die Tubuli der Niere rückresorbiert und dort gespeichert.

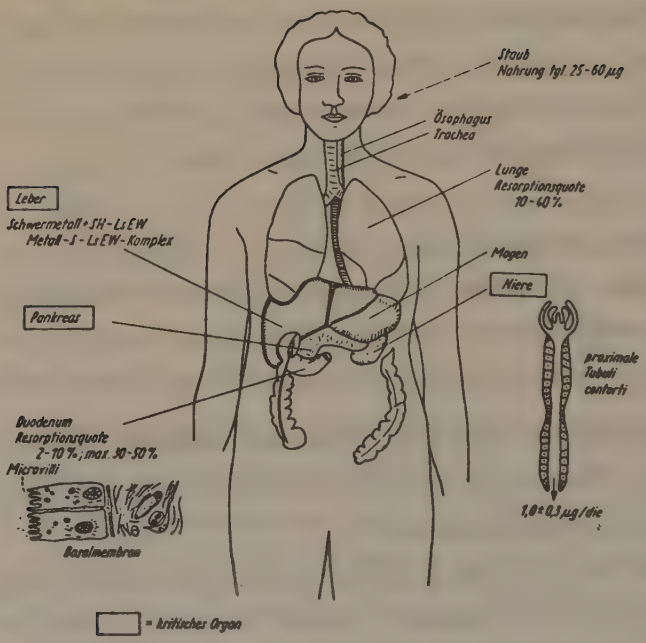


Abb. 2: Cadmium-Angebot und -Verteilung beim Menschen

Der Cadmium-Gehalt des Blutes liegt beim beruflich nicht-belasteten Menschen normalerweise unter 1 µg/100 ml (UBA 1977).

Für eine Wiederspiegelung der aktuell vorausgegangenen Belastung spricht eine Abhängigkeit zwischen der Höhe der Expansion und dem Blut-Cadmium-Gehalt. So liegt der Cadmium-Gehalt im Blut von exponierten Arbeitern deutlich höher als der von Normalpersonen (LAUWERYS 1976, 1978, CEC 1982, EINBRODT 1976, NORDBERG 1976).
Ebenso führt starkes Rauchen zu einem Anstieg des Cadmium-Gehaltes im Blut.
So fanden EINBRODT et al. (1976) einen signifikant höheren Blut-Cadmium-Spiegel bei Rauchern (0,33 µg/100 ml) als bei Nichtrauchern (0,22 µg/100 ml). Zu ähnlichen Schlüssen kamen auch LAUWERYS et al. (1973), UHLANDER und AXELSSON (1974).

Einen Beitrag zum Verständnis der oben erbrachten Ergebnisse leistet SZADOWSKI (1969), der acht verschiedene Zigarettenmarken testete, wobei er den Cadmium-Gehalt des Zigarettenpapiers und des Tabaks ermittelte. Jede von ihm untersuchte Zigarette enthielt im Durchschnitt 1,4 µg Cadmium.

Eine Untersuchung der anthropogenen Blei- und Cadmium-Belastung des Menschen zeigte, daß die Cadmium-Konzentration in der Leber bei Rauchern höher lag als bei Nichtrauchern (DRASCH, 1983).
In der Nierenrinde von schwachen ($x = 41,5$ µg/g) und starken Rauchern ($x = 73,4$ µg/g) war die Cadmium-Konzentration gegenüber Nichtrauchern ($x = 23,8$ µg/g) signifikant erhöht.

Die Gesamtkörperbelastung lag bereits bei schwachen Rauchern (unter zwanzig Zigaretten pro Tag) etwa doppelt so hoch wie bei Nichtrauchern.

KJELLSTRÖM veröffentlichte 1979 die Ergebnisse einer Untersuchung über die Cadmium-Belastung und Akkumulation an Bevölkerungsgruppen in Japan, den USA und Schweden, die 1972 angelaufen war.
Dabei fand man bei Frauen höhere Cadmium-Gehalte im Gewebe als bei Männern und bei Rauchern höhere Werte als bei Nichtrauchern. Die tägliche Cadmium-Körperbelastung eines nichtrauchenden Mannes beträgt schätzungsweise:

16 - 17 mg in Japan
5 - 6 mg in den USA und Schweden

Aus amerikanischen und schwedischen Werten ist zu entnehmen, daß sich die gesamte Körperbelastung bei Rauchern um 4 mg erhöht.

SYVERSEN und Mitarbeiter (1976) untersuchten ebenfalls die Cadmium- und Zink-Konzentrationen in der menschlichen Leber und Niere. Sie analysierten Autopsie-Material von 76 Patienten, die an verschiedenen inneren Krankheiten verstorben waren. Keiner der Patienten war stark Cadmium-exponiert.

In Beziehung gesetzt wurden Alter, Geschlecht, Wohngebiet, Rauchgewohnheiten und Krankheitsdiagnose. Zwischen den inneren Erkrankungen und der Cadmium-Akkumulation gab es keine signifikanten Zusammenhänge.

Jedoch hatten die Raucher deutlich erhöhte Nierenwerte.

Die Leber- und Nierenwerte zeigten eine signifikante Korrelation ($p \leq 0{,}025$) zu den Rauchgewohnheiten.

Tabelle 4 (nach SYVERSEN u. a. 1976)

	Nichtraucher	Raucher
	(µg/g Naßgewicht)	
Leber	1,4	1,9
Nierenrinde	17,8	23,8
Nierenmark	10,6	14,4

Raucher haben nach dieser Studie etwa 33 % mehr Cadmium in der Niere gespeichert.
LEWIS und Mitarbeiter (1972) kamen auf eine Nierenkonzentration von 13,2 µg/g Cadmium bei Nichtrauchern und auf 31,1 µg/g bei Rauchern. Im Durchschnitt waren die Raucher um 64 % stärker Cd-belastet.

Über die Cadmium-Verteilung in den anderen Organen liegt wenig neuere Information vor.
Im Pankreas wurden in der Regel unter 2 µg/g gemessen.

Lungenwerte wurden zwischen 0,11 und 0,7 µg/g berichtet.

Im Knochen lagen die Konzentrationen normalerweise unter 1 µg/g (FRIBERG 1974).

Die Ausscheidung von Cadmium erfolgt beim Menschen zum größten Teil über den Urin. Die Tagesausscheidung liegt beim nicht beruflich belasteten Erwachsenen, auch beim Raucher, in der Regel unter 2 µg/pro Tag. Eine untergeordnete Rolle spielt die Ausscheidung über Haare und Schweiß (KJELLSTRÖM und NORDBERG 1978).

2.4 Toxikologische Wirkungen des Cadmiums

2.4.1 Die akute Vergiftung

Die akute Vergiftung ist in den letzten Jahren dank gezielter arbeitshygienischer Maßnahmen selten geworden. Sie trat speziell durch Cadmium-Rauch auf und manifestierte sich in Form von Metalldampf-Fieber: Schweißausbruch, Frösteln, Pulsbeschleunigung. (Berufsgenossenschaftliche Grundsätze 1977).

Bei starken Vergiftungen kommt es zu Reizerscheinungen der Atemwege und des Nasen-Rachen-Raumes, die im Extremfall zu letalem Ausgang führten.

Durch Verschlucken von Cadmium-Dämpfen können Durchfälle, Übelkeit, Erbrechen herbeigeführt werden (CUMBROWSKI 1975 und NORDBERG 1976, FRIBERG 1974, UBA 1977).

Zeichen akuter oraler Vergiftung finden sich im Magen-Darm-Trakt, in Leber und Niere. Es zeigt sich das Bild

einer akuten Gastroenteritis mit Übelkeit, Erbrechen und Durchfall, Muskelkrämpfen und Speichelfluß (NORDBERG 1976).

2.4.2 Chronische Cadmium-Vergiftung

Cadmium ist ein typisches Kumulationsgift mit Halbwertszeiten zwischen 10 und 30 Jahren (FRIBERG 1974). Wegen dieser Eigenschaft führt das Schwermetall meist zu chronischen Vergiftungen.

Cadmium bewirkt bei chronisch-inhalierter Exposition ein Syndrom, das charakterisiert ist durch Lungenemphysem und Nierenschäden, die sich in Form von Proteinurie-Muster und zunehmender Nierensteinbildung offenbaren.

Als eine ausgeprägte Form der chronischen oralen Cadmium-Vergiftung wird die in Japan zwischen 1940 und 1965 beobachtete itai-itai-Krankheit betrachtet (NOGAWA 1975, 1978; TSUCHIYA 1976).

Bei der itai-itai-Krankheit,die sich in Form von Skelettveränderungen mit Auftreten von Spontanfrakturen manifestierte, konnte man feststellen, daß die beobachteten Knochenveränderungen nicht auf eine Akkumulation im Knochen selbst, sondern auf Cd-induzierte Störungen des Cadmium-Phosphat-Stoffwechsels zurückzuführen waren (FRIBERG und Mitarbeiter 1974).

2.4.3 Carcinogenität

Im Tierversuch konnte nachgewiesen werden, daß Cadmium jeweils an der Injektionsstelle Sarkome hervorrufen kann (FRIBERG 1974).
KOLONEL (1976) fand eine signifikante Korrelation zwischen Nierenkrebs und Cadmium-Exposition. Ferner zeigte sich ein synergistischer Effekt zwischen beruflicher Exposition und dem Zigarettenrauchen.

Ein Münchner Team der Fraunhofer-Gesellschaft (HOCHREINER, KÖNIG, OBERDÖRSTER und TAKENAKA 1982) konnten bei einem Langzeit-Versuch bei Ratten nachweisen, daß Cadmium-Chlorid-Aerosole Lungenkrebs verursachten.

Cadmium-Chlorid lagert sich in Tabakblättern ab.

Ein Raucher nimmt beim Konsum von zwanzig Zigaretten täglich etwa 1 µg Cadmium in die Lungen auf, wo es ungewöhnlich lange verbleibt und nur allmählich zu anderen Organen, vor allem zur Niere abwandert.

2.5 Cadmium-Gehalt in Zahnhartgeweben

WISOTZKY und HEIN kamen 1958 zu dem Ergebnis, daß die Anwendung von Cadmium bei Versuchstieren zu einer erhöhten Kariesanfälligkeit führte. Diese Resultate wurden jedoch widerlegt.

In Shipham (Großbritannien), einer Stadt, in der es zu extrem hoher Cadmium-Belastung gekommen war (Zinkhütten-Zentrum in der Nähe von Bristol), wurde 1979 von ANDERSON DAVIES und anderen eine Untersuchung über den Status der Zahngesundheit bei 12- bis 15-Jährigen durchgeführt, die im Vergleich zu einer Kontrollgruppe eine geringere Anfälligkeit gegenüber Karies aufwiesen.
Ihre Schlußfolgerung lautete: "Welche Rolle auch immer Blei bei der Karies-Entwicklung spielen mag, Cadmium gibt jedenfalls für die Zahngesundheit keinen Grund zur Besorgnis".

BAWDEN und HAMMARSTRÖM fanden 1975 heraus, daß der Schmelz nicht durchgebrochener Rattenmolaren mehr radioaktives Cadmium speicherte als alle anderen Hartgewebe.

Es scheint, daß nur sehr wenig Cadmium nach dem Zahndurchbruch im Schmelz eingelagert wird. Die Autoren registrierten bei Ratten nach peritonealer Injektion von Cadmium eine nennenswerte Anreicherung dieses Schwermetalls im Schmelz, entsprechend der Injektionsmenge.

SHEARER, JOHNSON und DeSART (1980) stellten den größten Teil des Cadmiums im Schmelz von Rindern während der Zahnentwicklung fest.

FOSSE und JUSTESEN zitieren COUSINS et al. (1973), die ebenfalls im Tierversuch eine Korrelation zwischen der Cadmium-Anreicherung im Schmelz zu der in Leber und Nieren feststellten. Dies zeigte, daß Zähne als Indikatoren für eine Cadmium-Aufnahme im toxischen Bereich fungieren konnten.
Sie untersuchten selbst von 1972 - 1975 an 2.169 Milchzähnen aus 14 der 19 norwegischen Provinzen mit der Atomabsorptionsmethode und der "boat technique" den Cadmium-Gehalt.
Das arithmetische Mittel aller Zähne betrug 0,428 µg/g $\pm$ 0,696 Cadmium pro Gramm Zahn.
Die Anreicherung im Schmelz gegenüber der im Dentin betrug im Durchschnitt das Vierzehn-Fache.
Daraus ergibt sich mit Berücksichtigung der Gewichtsunterschiede für Dentin- und Schmelzkonzentrationen eine Multiplikation des Ganzzahn-Cadmiums mit dem Faktor 0,27 bzw. 3,9.
Sie vermuten, daß der Schmelz eine bessere Korrelation zur Nierengewebsbelastung darstelle als das Dentin.

Die Ganzzahn-Cadmium-Bestimmung eines Drittels des Untersuchungsmaterials lag unter 0,05 µg Cadmium pro Gramm Zahn. Die höchsten Cadmium-Gehalte fanden sich in Milchzähnen aus einer Industrie-Gemeinde.

LANGMYHR und SUNDLI untersuchten 1974 in Oslo 14 ganze durchgebrochene und nicht durchgebrochene Zähne mit der AAS und der "voltammetry stripping"-Methode. Im Hydroxylapatit bestimmten sie für Blei einen Mittelwert von 2,8 ppm und für Cadmium 0,29 ppm.

WILKINSON und PALMER bestimmten 1975 mit der AAS einen mittleren Zahn-Cadmium-Gehalt von 4,05 µg/g.
Sie untersuchten 336 Zähne aus dem ländlichen Delaware, der Stadtmitte Baltimores und von Indianern aus dem dritten bis siebten Jahrhundert.
230 Zähne aus der ländlichen Gegend hatten mit 4,31 µg/g höhere Cadmium-Gehalte als 62 Zähne aus Baltimore mit einem Mittelwert von 3,56 µg/g. Die archäologischen Zähne enthielten kein Cadmium.

In den Jahren 1977 analysierten CURZON und CROCKER aus dem Schmelz von 451 Zähnen mit verschiedenen Methoden 30 Spurenelemente. Die Ergebnisse wurden statistisch erfaßt und zur Zahnkaries in Beziehung gebracht. Cadmium zeigte unter anderen Spurenelementen eine direkte positive Korrelation zur Karies. Sie erhielten folgende Mittelwerte in µg/g Schmelz:

Cadmium: 1,87 µg/g

Es wurden Schmelzproben von kariesfreien Zähnen von 10-20-Jährigen aus 58 Orten der USA und aus Neuseeland untersucht Das beinhaltete das breiteste Spektrum an Umweltbelastung.

AURAND und SONNEBORN analysierten 1973 die Metalle Cadmium und Blei in Haaren und Zähnen von zwei- bis zwölfjährigen Kindern auf Helgoland,in Berlin und Nordenham und in Haaren von Arbeitern einer Bleihütte.
Sie gewannen den Cadmium-Gehalt in Zähnen in µg/g Zahn.

Nordenham:		Nordenham:		Brake 0,5
Stadt	0,7	Umgebung	0,7	

PINCHIN et al. fanden 1978 im Industriegebiet Newcastle (Großbritannien) in Kinderzähnen Cadmium-Werte zwischen 0,1 - 0,4 µg/g.
An der Schmelzoberfläche, sowohl bei Schneidezähnen als auch Molaren fand sich die größte Cadmium-Konzentration.

Bei Cadmium-Arbeitern wurde eine gelbliche Verfärbung der Schneidezähnehälse beobachtet (Berufsgenossenschaft 1977).

2.6 Schwermetall-Gehalt im Zahnstein

1978 wurde von SONNABEND, BUNZEL, KRACKE und EMSLANDER Zahnstein als Untersuchungsmaterial für eine Bleibelastung bestätigt.
Parallel dazu wurde der Bleigehalt in Zähnen, Alveolarknochen und venösem Blut bestimmt.

Sie ermittelten bei 51 untersuchten Personen folgende normalzivilisatorische Mittelwerte für Blei in µg/g:

Zahnstein	4,37	±	2,12	
Zahnkrone	3,17	±	1,40	
Zahnwurzel	5,41	±	2,28	
Alveolarknochen	4,95	±	1,51	
venöses Blut	12,01	±	3,55	µg/100 ml Blut

Zahnsteinuntersuchungen auf Blei- und Cadmium-Gehalt gleichzeitig finden wir zuerst bei SONNABEND, SANSONI, HERZOG und KRACKE (1976) bzw. HERZOG (1977).
Sie ermittelten hohe Bleiwerte bei Arbeitern in der chemischen und Automobil-Industrie und für Cadmium hohe Werte bei Verkehrspolizisten und Chemie-Arbeitern.

	Blei	Cadmium
Normalpersonen	5,6	0,11
Verkehrspolizisten	10,98	0,49
Arbeiter im Akku-Bau	14,01	0,04
Chemie-Arbeiter	45,34	0,84
Arbeiter in der Automobil-Industrie	52,87	0,27

(Mittelwerte nach Ausreißer-Kontrolle in µg/g Zahnstein)

SONNABEND, BUNZEL und KRACKE (1978) bzw. HOHMANN (1979) untersuchten den Bleigehalt von Zahnstein bei Parodontopathien mittels der Atomabsorptions-Spektrometrie.

Sie ermittelten, daß der Bleigehalt im Zahnstein von 46 untersuchten Personen bei einer Parodontitis marginalis superficialis mit 8,90 ppm höher ist als derjenige bei einer Parodontitis marginalis profunda mit 4,95 ppm von 51 Personen.

1982 wurden Untersuchungsergebnisse über den Blei- und Cadmium-Gehalt des Zahnsteins und der Zähne im Gebiet einer Blei- und Zinkhütte von SONNABEND und SONNTAG-DIERKS veröffentlicht.
Die Untersuchungen wurden sowohl an Milchzähnen wie an bleibenden Zähnen und am Zahnstein durchgeführt.
Die Milchzähne hatten sowohl höhere Blei- als auch Cadmium-Gehalte als Zahnkronen und Zahnstein der erwachsenen Bevölkerung:

Erwachsene Bevölkerung	Milchzähne
2,72 µg Pb/g Zahnstein	0,404 µg Cd/g Zahn
4,6 µg Pb/g Zahn	7,6 µg Pb/g Zahn
0,21 µg Cd/g Zahnstein	

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Auswahl des Personenkreises

Wir wollten mittels unserer Untersuchungen klären, inwieweit es durch Rauchen zu einer erhöhten Aufnahme von Cadmium im Zahnstein kommt.
Dabei gingen wir von einer Kontrollgruppe (1) aus, die sich aus Nichtrauchern zusammensetzte.
Ihre Zahnsteinproben beinhalteten einen der heutigen Zeit entsprechenden "normalen" Cadmium-Gehalt (Umweltbelastung, Ernährung).

Die Patientengruppe "Raucher" unterteilten wir in drei Gruppen (2, 3, 4), der Rauchgewohnheit entsprechend:

2) Leichtraucher
3) Starkraucher
4) Zigarrenraucher

Leichtraucher waren Personen, die täglich unter zwanzig Zigaretten konsumierten.

Die Gruppe "Starkraucher" konsumierte mehr als zwanzig Zigaretten pro Tag.

Bei den Zigarrenrauchern handelte es sich um einen Personenkreis, der sowohl starke Zigarren (Brasil, Al Capone, Carves), als auch Virginia und Zigarillos rauchte. Ein sehr kleiner Anteil dieser Gruppe rauchte Pfeife zusätzlich zum Zigarrenkonsum.

Die untersuchten Personen, der Gruppen 1, 2, 3 entstammten ausschließlich dem Patientengut der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität München.

Eine Ausnahme bildete die Gruppe der Zigarrenraucher, die infolge des oft hohen Alters und aufgrund von Gebrechen zum Teil einen Besuch zu Hause oder im Altersheim erforderte.
Ferner sollte man erwähnen, daß ein Teil der Patienten Ausländer waren, deren Ernährungs- und Rauchgewohnheiten sich von unseren etwas unterschieden.

Ebenso spielte die Herkunft der für Zigaretten verwendeten Tabake eine nicht unerhebliche Rolle.

3.2 Probennahme

Bei den zu entnehmenden Proben handelte es sich um Zahnstein, der als supra- oder subgingival verkalkte Plaque definiert ist.
Seiner chemischen Struktur nach besteht er aus Kalziumphosphaten in der Kristallstruktur von Hydroxylapatit, Whitlockit und Brushit.

Man wandte bei allen zu untersuchenden Personen die gleiche Methode der Zahnsteinentfernung an.
Die Zahnsteinproben wurden nur von den Unterkiefer-Frontzähnen lingual mit sichelförmigen Handinstrumenten (ASH-Scaler mit Wolframkarbid-Schneide) gewonnen.

Ähnlich wie bei der Untersuchung von HERZOG konnten nicht immer genügend Ablagerungen gefunden werden, und so war eine Spezifizierung nach sub- und supragingivalem Zahnstein nicht möglich.

Da die Analysen-Methode durch große Genauigkeit und Empfindlichkeit gekennzeichnet war, genügten kleinste Mengen,um die Messung durchführen zu können.

Die am Patienten gewonnenen Zahnstein-Partikel wurden, zwischen Filterpapier-Scheiben verpackt, ins Labor gebracht.
Diese Proben wurden nun auf demselben Filterpapier, das gefaltet in einem Glastrichter steckte, mit doppelt destilliertem Wasser gespült und anschließend luftgetrocknet.

War die Trocknung endgültig abgeschlossen, wurden die Proben in nummerierte Cadmium-freie Kunststoff-Röhrchen eingebracht und luftdicht verschlossen.

3.3 Wägung der Proben

Die Zahnsteinproben wurden im Exsiccator bis zur Gewichtskonsistenz getrocknet.
Anschließend erfolgte die Wägung der Proben auf einer Präzisions-Mikrowaage der Firma METTLER (Genauigkeit 0,00001 g)

3.4 Cadmium-Bestimmung mit der Atomabsorptionsspektralphotometrie (AAS)

Um eine genauere Aussage über die toxische Wirkung des Cadmiums treffen zu können, bedarf es einer ausgewägten Analyse, die jedoch eine gewisse Problematik mit sich bringt.

Interlabor-Untersuchungsreihen von LAUWERYS (1975) und von PAULEV (1978) haben auf die bisher unbefriedigende Vergleichbarkeit der Cadmium-Meßwerte hingewiesen und zur sorgsamen Wahl der Meßmethode aufgefordert.

1974 erstellte FRIBERG Kriterien für Cadmium-Analysen-Methoden:

1) Spezifität - Es soll nur selektiv das Cadmium gemessen werden, interferierende Substanzen müssen entweder vorher ausgeschieden oder im Meßergebnis entsprechend korrigiert werden.

2) Empfindlichkeit - Nachweisgrenze der minimalen Cadmium-Menge

3) Präzision - Variations-Koeffizient, Fehler der Methode bei wiederholenden Messungen derselben Probe

4) absolute Genauigkeit - (Accuracy) - systematische Abweichung von dem wahren Wert.

Die große Mehrzahl der neueren Arbeiten verbessert in erster Linie die Atomabsorptions-Spektrophotometrie (AAS).

Ältere Verfahren, wie die Dithizon-Methode, haben in den letzten Jahren an Bedeutung verloren, während sich die Röntgen-Fluoreszenz-Analyse und die Neutronen-Aktivierung wegen ihrer Aufwendigkeit noch nicht durchsetzen konnten.

Für unsere Untersuchungen wurde die Atomabsorptions-Spektral-Analyse in ihrer flammenlosen Ausführung im Graphit-Rohr ausgewählt.
Als apparative Bestimmungsmethode der Wahl wurde von der WHO/FAO 1973 die AAS empfohlen. Gegenwärtig stellt sie auch die gebräuchlichste Bestimmungsmethode für Cadmium dar.

Die Cadmium-haltige Probe wird zu einer Atomwolke verdampt, die vom Lichtstrahl einer element-spezifischen Hohlkathodenlampe mit einer Wellenlänge von 228,8 nm durchstrahlt wird. Wird der Lichtstrahl in der Atomwolke absorbiert, so kann auf Anwesenheit des Elementes geschlossen werden.

3.4.1 (AAS)- Flammenlos

Das flammenlose Verfahren zeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der Meßempfindlichkeit aus.
Die Probe wird mit einer Mikroliter-Pipette in eine Graphitrohrküvette eingegeben.

Durch eine programmierte stufenweise Temperatur-Erhöhung wird zunächst getrocknet, trocken verascht und dann bei 1.800 - 2.100°C atomisiert.
Bei der flammenlosen AAS ist die Verweildauer der Atomwolke im Lichtstrahl der Hohlkathoden-Lampe gegenüber der AAS mit Flamme bedeutend länger. Die Nachweisempfindlichkeit kann daher bis um den Faktor 500 gesteigert werden.

Durch Abschalten der Inertgasspülung ist eine weitere Erhöhung der Nachweisempfindlichkeit zu erreichen.

3.4.2 Aufbereitung der Proben

Die Zahnsteinproben wurden nach der Wägung erneut in Kunststoff-Röhrchen eingebracht. Dann wurden die Proben mittels einer Eppendorf-Pipette mit konzentrierter Salpetersäure (65 %ig) versetzt.
Nun wurden die Proben luftdicht bei Zimmertemperatur gelagert, bis sie vollständig in Lösung gegangen waren (5 - 10 Tage).
Nach Ablauf dieser Zeit zeigte sich eine trübe, zähflüssige Konsistenz. Mittels Aqua dest. wurde die Lösung verdünnt.

Die flammenlose Atom-Absorption im Graphit-Rohr liefert, wie die Mehrzahl aller analytischen Bestimmungsmethoden, nur Relativwerte, aus denen erst durch Eichung die gesuchten absoluten Konzentrationen erhalten werden.

Cadmium-Standard-Lösungen sind hergestellt aus einer käuflich erworbenen Ditrisol-Ampulle (Merck, Art. 9960).

Die Stammlösung enthielt ($CdCl_2$ in H_2O): 1.000 g Cd in 100 ml H_2O.
Die Vergleichs-Standard-Lösung sollte 0,1µg/ml bzw. 0,2 µg Cd/ml enthalten.

3.4.3 Messung des Cadmium-Gehaltes der einzelnen Probenlösung im Atom-Absorptions-Spektralphotometer

Als Atom-Absorptions-Spektralphotometer wurde das Gerät 300 SG kombiniert mit der Graphit-Rohrküvette HGA 72 der Firma PERKIN-ELMER verwendet.
Von den einzelnen Probenlösungen gelangten jeweils dreimal 20 µl zur Messung, die mit einer Eppendorf-Pipette in das kalte Graphit-Rohr eingespritzt wurden.
Die Proben wurden hierauf durch stufenweises Erhöhen der Temperatur im Graphit-Rohr thermisch vorbehandelt:
1. Trocknungsstufe: 20 Sekunden bei 100°C
2. Trocknungsstufe: 30 Sekunden bei 750°C
und schließlich durch eine rasche weitere Temperatursteigerung auf 2.300°C (20 Sekunden lang) atomisiert.
Die Reproduzierbarkeit bei dreimaliger Wiederholung dieses Vorgangs betrug für Cadmium-Konzentrationen im Bereich von 0,1 - 1,0 µg/l etwa 15 %.

4. ERGEBNISSE

Meßwerte

Das jeweilige Meßergebnis Cadmium-Gehalt in µg/g der Zahnsteinproben entstand aus dem arithmetischen Mittelwert von je drei Messungen in Atom-Absorptions-Spektralphotometer für jede Probe.

Die Tabelle 1 zeigt für sämtliche untersuchte Variablen aufgegliedert in vier Gruppen (Nichtraucher, Leichtraucher, Starkraucher, Zigarrenraucher) die deskriptive Statistik:

1. Stichprobenumfang
2. Minimalwerte
3. Maximalwerte
4. Mittelwert
5. Standard-Abweichung
6. Median
7. GAUSS-Verteilung

Tabelle 1: Deskriptive Statistik sämtlicher Variablen aufgegliedert indie vier Gruppen(Nichtraucher,Leichtraucher,Starkraucher,Zigarrenraucher).

VARIABLE	GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	GAUSS
SEX								
	NICHTR	43	1.000	2.000	1.442	.502	1.000	
	LEICHTR	32	1.000	2.000	1.313	.471	1.000	
	STARKR	29	1.000	2.000	1.241	.435	1.000	
	ZIGARRENR	30	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	
NATION								
	NICHTR	43	1.000	2.000	1.326	.474	1.000	
	LEICHTR	32	1.000	2.000	1.406	.499	1.000	
	STARKR	29	0.000	2.000	1.069	.704	1.000	
	ZIGARRENR	30	0.000	1.000	.800	.407	1.000	
R-MENGE								
	NICHTR	43	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LEICHTR	32	1.000	2.000	1.781	.420	2.000	
	STARKR	29	3.000	3.000	3.000	0.000	3.000	
	ZIGARRENR	30	4.000	4.000	4.000	0.000	4.000	
BERUF								
	NICHTR	42	0.000	1.000	.214	.415	0.000	
	LEICHTR	32	0.000	1.000	.313	.471	0.000	
	STARKR	29	0.000	1.000	.310	.471	0.000	
	ZIGARRENR	30	0.000	1.000	.167	.379	0.000	
ZAHNALTER								
	NICHTR	43	.250	6.000	1.709	1.332	2.000	
	LEICHTR	32	.500	7.000	2.125	1.374	2.000	*
	STARKR	29	.500	10.000	2.655	2.143	2.000	
	ZIGARRENR	30	.500	15.000	4.233	3.662	2.500	
Cd-GEHALT								
	NICHTR	43	.000	.098	.017	.021	.010	
	LEICHTR	32	.003	.190	.052	.054	.024	
	STARKR	29	.011	.444	.138	.132	.093	*
	ZIGARRENR	30	.002	.677	.192	.189	.130	

Der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test,der zur Feststellung der GAUSS-Verteilung angewendet wurde,ergab bei den Gruppen der ersten vier Variablen keine GAUSS-Verteilung(α= 0,05).Bei der Variable Zahnalter,Gruppe Leichtraucher und der Variable Cadmium-Gehalt,Gruppe Starkraucher liegt eine GAUSS-Verteilung vor (α= 0,05).

Tabelle 2a: Um die für die Untersuchung signifikanten Korrelationen festzustellen wurden verschiedene Korrelations-Matrizen erstellt.

KORRELATIONS- MATRIX für LEICHTR

	SEX	NATION	R-MENGE	BERUF	ZAHNALTER	Cd-GEHALT
SEX		-.2831288	-.2955954	-.1636364	-.0124660	-.0088078
NATION			-.3318804	.6777933	.1117666	-.2482872
R-MENGE				-.1325083	.0489200	.1375893
BERUF					.1620575	-.1446535
ZAHNALTER						-.0227943

KORRELATIONS- MATRIX für STAPHR

	SEX	NATION	R-MENGE	BERUF	ZAHNALTER	Cd-GEHALT
SEX		-.0562671	----------	-.3783937	.0732478	-.0182784
NATION			----------	-.3903373	.1110933	-.3767249
R-MENGE				----------	----------	----------
BERUF					.1629698	.3086842
ZAHNALTER						.0793302

KORRELATIONS- MATRIX für ZIGARRENR

	SEX	NATION	R-MENGE	BERUF	ZAHNALTER	Cd-GEHALT
SEX	----------	----------	----------	----------	----------	----------
NATION		----------	-.4472136	.3101586	.1096526	
R-MENGE			----------	----------	----------	
BERUF				-.3146789	-.0036028	
ZAHNALTER					.3414105	

Tabelle 2b: Sämtliche Variablen aufgeteilt in die Gruppen Nichtraucher und Raucher

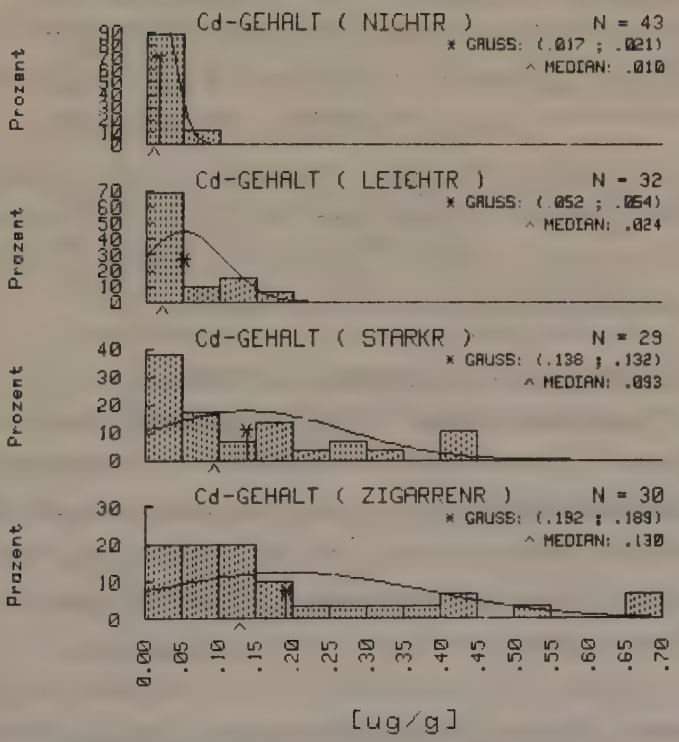
KORRELATIONS- MATRIX für NICHTR

	SEX	NATION	R-MENGE	BERUF	ZAHNALTER	Cd-GEHALT
SEX		-.5182740	----------	-.4746540	-.1059109	.1335760
NATION			----------	.6154575	.1911642	.0142313
R-MENGE				----------	----------	----------
BERUF					.0077858	-.0826410
ZAHNALTER						.3727665

KORRELATIONS- MATRIX für RAUCHER

	SEX	NATION	R-MENGE	BERUF	ZAHNALTER	Cd-GEHALT
SEX		-.2442463	-.3656342	-.1589004	-.0982863	-.1320023
NATION			-.2102218	.5341037	-.0910118	-.1624435
R-MENGE				-.1477095	.3113522	.3926131
BERUF					-.0955506	.0217784
ZAHNALTER						.3338615

Abb. 1: Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein bei Patienten verschiedener Rauchgewohnheiten



Die Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein bei Patienten mit verschiedenen Rauchgewohnheiten. Nach dem KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test erwiesen,daß nur die Verteilung der Einzelwerte der Gruppe Starkraucher einer Gauss'schen Normalverteilung entspricht (α= 0,05).

Somit empfiehlt es sich,nicht den arithmetischen Mittelwert eines Kollektivs als Durchschnittswert eines mittleren Cadmi Gehaltes im Zahnstein zu benützen,da der Median schiefsymmetrische Verteilungen zutreffender charakterisiert.

Um im Rahmen der Diskussion Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Autoren zu ermöglichen, bei denen nur ein Mittelwert und nicht auch der Median berechnet wurde,sind in den nachfolgenden Tabellen beide Werte aufgeführt.

4.1 Vergleichende Darstellung der Ergebnisse

Das Signifikanz-Niveau für das Vorhandensein eines Unterschieds in dieser Arbeit wurde auf α= 0,05 festgelegt. Vergleicht man Medianwerte sowie die Ergebnisse des MANN-WHITNEY-Tests,mit dessen Hilfe sich die Unterschiede zwischen den Medianen verschiedener Kollektive quantifizieren lassen,so zeigt sich:

Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 29 untersuchten Starkrauchern liegt mit einem Median(0,093 µg Cd/g Zahnstein) unter dem Median des Zahnsteins von 30 Zigarrenrauchern mit 0,130 µg Cd/g Zahnstein.

Für den Cadmium-Gehalt im Zahnstein ergibt sich bei 43 untersuchten Nichtrauchern ein Median mit 0,010 µg Cd/g Zahnstein. Dieser liegt hochsignifikant ($\alpha \leq 0{,}0001$) unter demjenigen der 29 Starkraucher (0,093 µg Cd/g Zahnstein).

Der Cadmium-Gehalt von 32 untersuchten Leichtrauchern rangiert mit einem Median von 0,024 µg Cd/g Zahnstein ($\alpha \leq 0{,}0001$) signifikant unter dem Wert von 30 Zigarrenrauchern mit 0,130 µg Cd/g Zahnstein.

Zusammenfassend ergibt ein Vergleich der Medianwerte der Gruppen folgende Reihenfolge:

1. Nichtraucher 0,010 µg Cd/g Zahnstein
2. Leichtraucher 0,024 µg Cd/g Zahnstein
3. Starkraucher 0,093 µg Cd/g Zahnstein
4. Zigarrenraucher 0,130 µg Cd/g Zahnstein

Bemerkenswert ist weiterhin, daß der Cadmium-Gehalt derjenigen Zigarrenraucher, welche zusätzlich auch Pfeife rauchten, Werte aufweist, die über dem Median der Zigarrenraucher liegen.

Wegen der geringen Anzahl wurde aber kein Signifikanz-Test durchgeführt.

Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein

A) Bei Nichtrauchern:

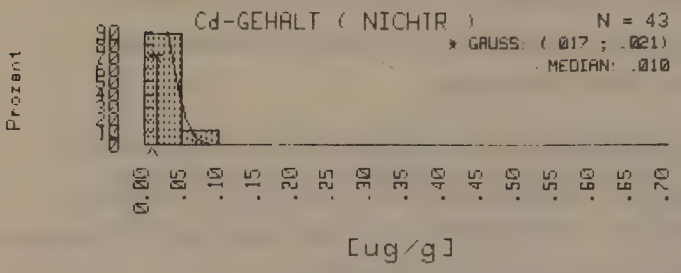


Abb. 2: Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 43 Nichtrauchern zeigte einen Median von 0,010 µg Cd/g Zahnstein

B) Bei Rauchern:

Abb. 3: Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 91 Rauchern ergab einen Median von 0.070 µg Cd/g Zahnstein

Zusammenfassend ergibt sich, daß Raucher im Gegensatz zu Nichtrauchern in unserer Untersuchung einen Medianwert aufwiesen, der um 0,060 µg Cd/g Zahnstein erhöht war.

Der Mediantest ergab einen hochsignifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0{,}0001$).

Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein bei unterschiedlicher Tätigkeit

A) Bei sonstigen Berufen

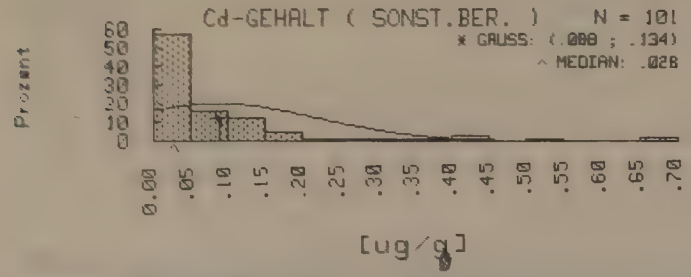


Abb. 4: Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 101 sonstigen Berufen zeigte einen Median von 0.028 µg Cd pro Gramm Zahnstein

B) Bei Industrie-Arbeitern

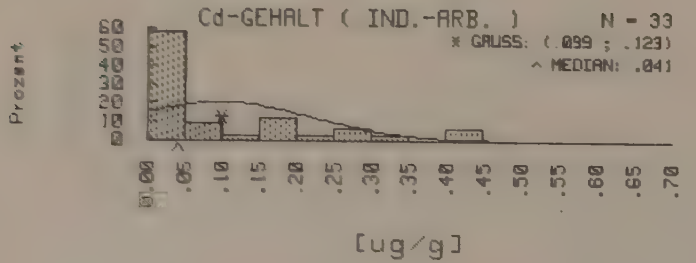


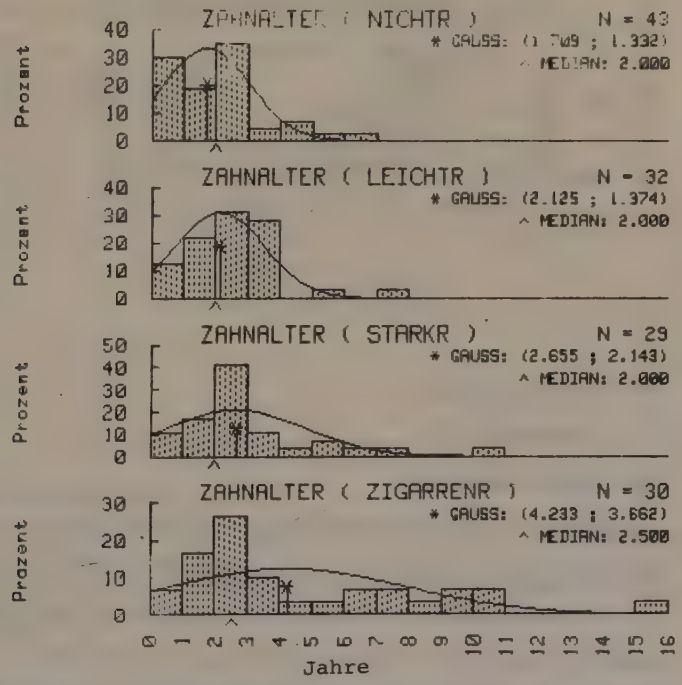
Abb. 5 : Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 33 Industrie-Arbeitern ergab einen Median von 0,041 µg Cd/g Zahnstein

Zusammenfassend ergibt sich, daß Industrie-Arbeiter im Gegensatz zu sonstigen Berufen in unserer Untersuchung einen Medianwert aufwiesen, der um 0,013 µg Cd/g Zahnstein erhöht war.

Der Mediantest ergab jedoch keinen signifikanten Unterschied (α = 0,480).

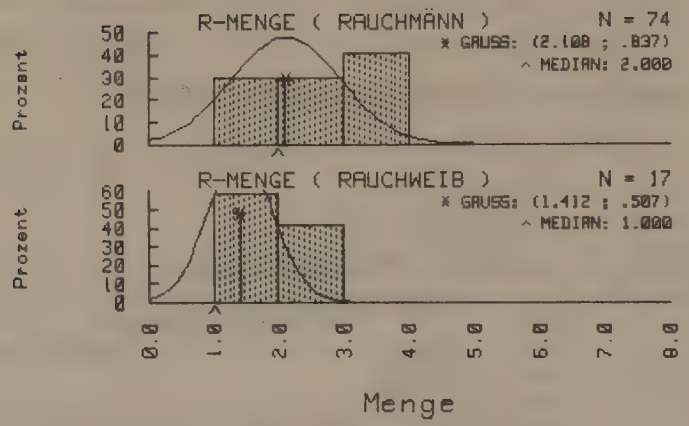
Genauere Untersuchungen von anderen Autoren,die berufsspezifisch durchgeführt wurden,werden später in der Diskussion erwähnt.

Abb.6: Häufigkeitsverteilung des Zahnsteinalters der Patienten aufgeteilt in die 4 Gruppen(Nichtraucher, Leichtraucher,Starkraucher,Zigarrenraucher).



Vergleicht man das Alter des Zahnsteins bei Nichtrauchern, Leichtrauchern,Starkrauchern und Zigarrenrauchern,so ergibt sich bei den ersten drei Gruppen ein Median von zwei Jahren,bei den Zigarrenrauchern ein Median von 2,5 Jahren. Der H-Test nach Kruskal-Wallace ergab einen hoch signifikanten Unterschied zwischen diesen 4 Gruppen(α = 0,00417).

Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Rauchmenge von männlichen und weiblichen Rauchern



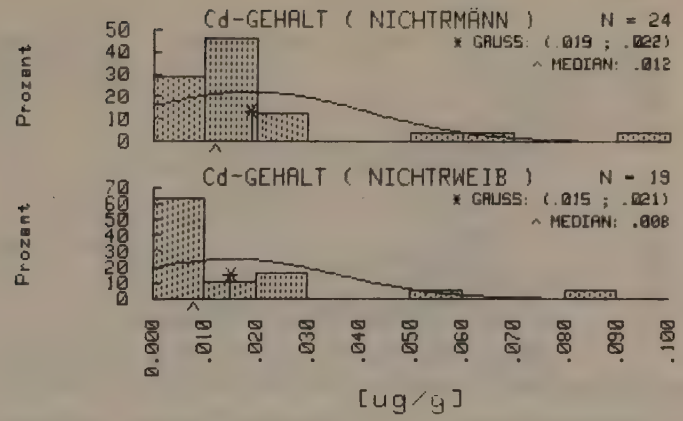
1-2= Leichtraucher

2-3= Starkraucher

3-4 Zigarrenraucher

Die Prüfung auf Vorhandensein einer GAUSS-Verteilung ergab für beide Gruppen keine Signifikanz auf dem 5 % -Niveau (KOLMOGOROV-SMIRNOV-bzw.SHAPIRO-WILK-Test). Deshalb konnte der t-Test nicht benützt werden. Der Cramer von Mises-Test ergab keinen signifikanten Unterschied (α= 0,174).

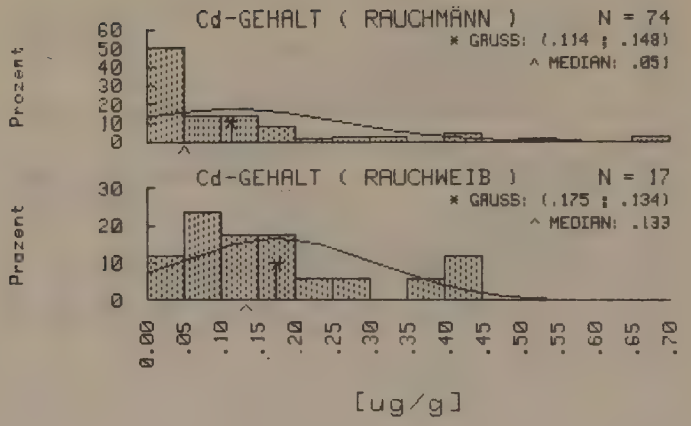
Abb. 8: Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehaltes im Zahnstein bei Nichtrauchern unterschiedlichen Geschlechts



Der Median-Test ergab:

Zwischen dem Cadmium-Gehalt im Zahnstein von weiblichen und männlichen Nichtrauchern besteht kein signifikanter Unterschied (α = 0,242).

Abb. 9: Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein bei Rauchern unterschiedlichen Geschlechts



Der Median-Test zeigte:

Zwischen dem Cadmium-Gehalt im Zahnstein von männlichen und weiblichen Rauchern manifestiert sich ein signifikanter Unterschied (α = 0,0293).

Frauen wiesen im Vergleich zu Männern einen um 0,082µg Cd/g Zahnstein erhöhten Medianwert auf.

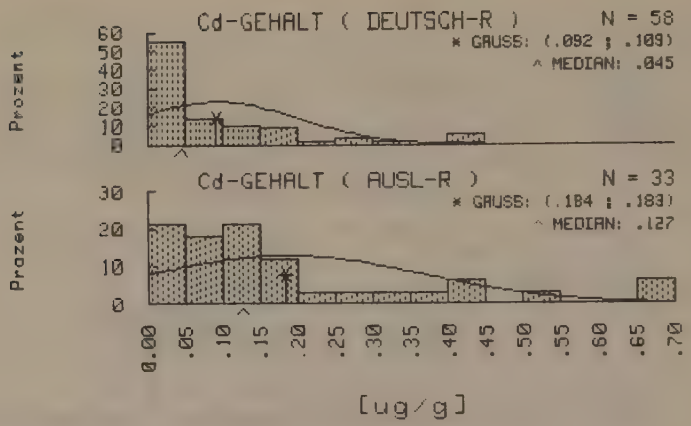
Tabelle 3:

VARIABLE	GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	GAUS
Cd-GEHALT								
	NICHTRMÄNN	24	.001	.098	.019	.022	.012	
	NICHTRWEIB	19	.000	.084	.015	.021	.008	*
	RAUCHMÄNN	74	.002	.677	.114	.148	.051	
	RAUCHWEIB	17	.020	.444	.175	.134	.133	*

Sowohl bei weiblichen Nichtrauchern, als auch bei weiblichen Rauchern zeigte sich gemäß dem KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test eine GAUSS'-Verteilung ($\alpha = 0{,}05$).

Der t-Test konnte für den Vergleich zwischen nichtrauchenden Frauen und Männern bzw. rauchenden Frauen und Männern nicht verwendet werden, weil eine der zu vergleichenden Gruppen nicht GAUSS-verteilt war.

Abb. 10: Häufigkeitsverteilung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein in Abhängigkeit von der Nationalität



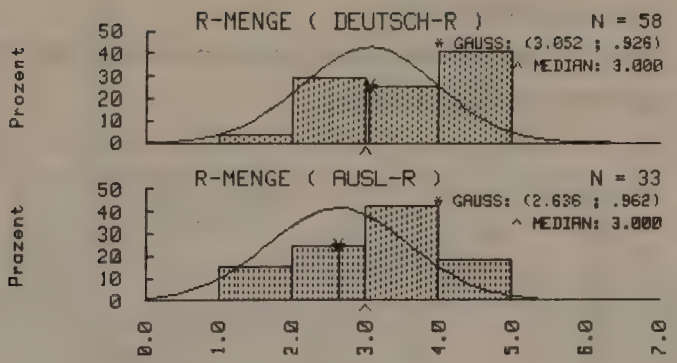
Der t-Test konnte nicht verwendet werden, da die Prüfung auf Homogenität der Varianten der zu vergleichenden Gruppen mit Hilfe des F-Tests auf dem 5 %-Niveau negativ ausfiel.

Der Median-Test zeigte:

Zwischen dem Cadmium-Gehalt im Zahnstein von deutschen und ausländischen Rauchern besteht ein signifikanter Unterschie (α = 0,0253).

Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 33 untersuchten ausländischen Rauchern liegt mit einem Median von 0,127 µg Cd/g Zahnstein deutlich über dem Median des Zahnsteins von 58 deutschen Rauchern mit 0,045 µg Cd/g Zahnstein.

Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der deutschen und ausländischen Raucher in Abhängigkeit von der Rauchgewohnheit



Vergleicht man deutsche und ausländische Raucher nach ihrer Rauchgewohnheit, so zeigt sich Folgendes:

t-Test und Median-Test konnten nicht verwendet werden, da die Voraussetzungen nicht erfüllt waren; daher applizierten wir den Test nach CRAMER VON MISES.

Es ergab sich kein Unterschied zwischen den beiden Kollektiven (α = 0,672).

4.2 Korrelation zwischen Cadmium-Gehalt im Zahnstein und Rauchmenge

Mittels unserer Berechnungen kamen wir zu folgendem Ergebnis:

Es besteht eine äußerst schwache positive Korrelation ($r = 0{,}527$) zwischen dem Cadmium-Gehalt im Zahnstein und Rauchgewohnheiten.

In den entsprechenden Abbildungen wurde die Regressionsgerade mit eingezeichnet.

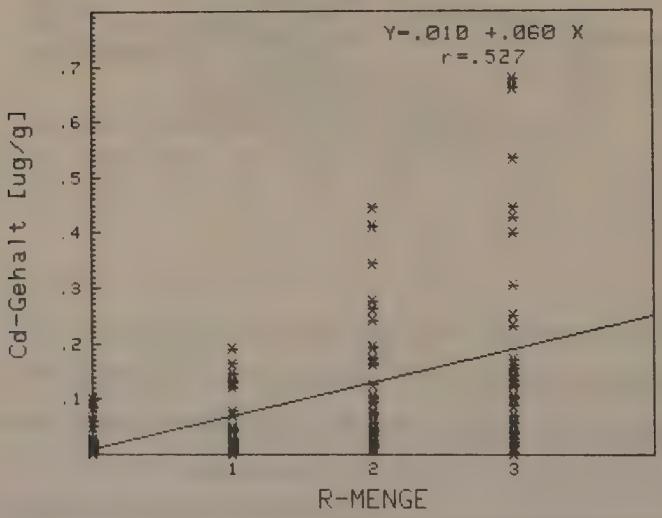
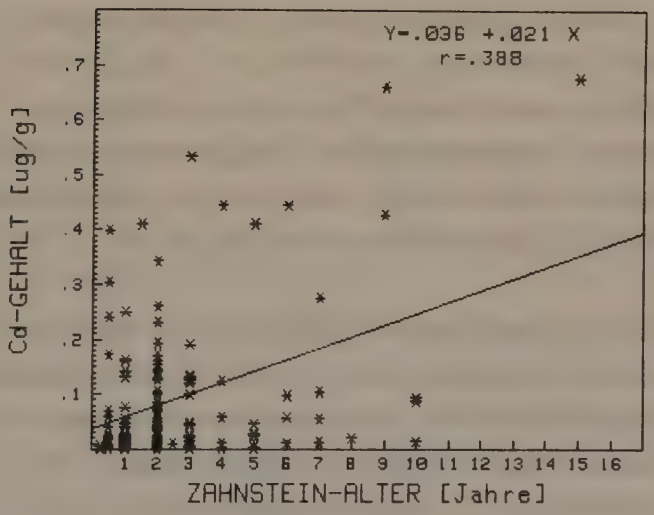


Abb. 12: Korrelationsdiagramm zwischen Cadmium-Gehalt im Zahnstein und Rauchmenge

0. Nichtraucher
1. Leichtraucher
2. Starkraucher
3. Zigarrenraucher

Abb.13: Korrelationsdiagramm zwischen Cadmium-Gehalt und Alter des Zahnsteins



Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchung war eine Korrelation zwischen Cadmium-Gehalt und Alter des Zahnsteins nicht nachweisbar(r = 0,388).

5. KRITISCHE AUSWERTUNG

5.1 Cadmium-Gehalt im Zahnstein bei verschiedenen Rauchgewohnheiten

Von Bedeutung ist, daß zwischen dem Cadmium-Gehalt im Zahnstein bei Rauchern und Nichtrauchern ein signifikanter Unterschied besteht (nach Median-Test $\alpha \leq 0{,}0001$).

Das Kollektiv "Raucher" ist mit einem Median des Cadmium-Gehalts von 0,070 µg Cd/g Zahnstein deutlich höher belastet als die Kontrollgruppe "Nichtraucher" mit einem Median 0,010 µg Cd/g Zahnstein.

Ein zusammenfassender Vergleich der Mittelwerte des Cadmium-Gehalts des Zahnsteins der verschiedenen Teilgruppen des Kollektivs "Raucher" mit der Gruppe "Nichtraucher" brachte folgendes Gesamtergebnis:

Nichtraucher	0,017 µg Cd/g Zahnstein
Leichtraucher	0,052 µg Cd/g Zahnstein
Starkraucher	0,138 µg Cd/g Zahnstein
Zigarrenraucher	0,192 µg Cd/g Zahnstein

SONNABEND, E., SANSONI, B. und HERZOG, J. ermittelten den Cadmium-Gehalt (Mittelwert) im Zahnstein bei fünf Probandengruppen unterschiedlicher Umwelt- und Arbeitsplatzeinflüssen, die zum Teil zu signifikanten Cadmiumabsorptionen führten.

Chemiearbeiter	0,84 µg Cd/g Zahnstein
Verkehrspolizisten	0,49 µg Cd/g Zahnstein
Arbeiter in der Automobilindustrie	0,24 µg Cd/g Zahnstein
Normalpersonen	0,11 µg Cd/g Zahnstein
Arbeiter im Akkumulatorenbau	0,04 µg Cd/g Zahnstein

Vergleicht man die Ausführungen der Arbeit von SONNABEND, E. und HERZOG, J. mit unseren Ergebnissen, so kann man daraus schließen, daß der Mittelwert des Cadmium-Gehalts im Zahnstein bei beruflich exponierten Gruppen höher liegt als bei den von uns untersuchten Gruppen verschiedenartiger Raucher.
Man könnte daraus folgern, daß die Dauer der Inhalation Cadmium-haltiger Dämpfe einen gewissen Einfluß auf die Cadmium-Ablagerung im Zahnstein ausübt. (Berufliche Exposition acht Stunden pro Tag - Exposition bei Rauchern: Abhängig von der Rauchgewohnheit (Inhalationszeit einer Zigarette ca. vier Minuten).

In einer Arbeit von SONNABEND, E. und SONNTAG-DIERKS, E. über den Blei- und Cadmium-Gehalt des Zahnsteins und der Zähne im Gebiet einer Blei- und Zinkhütte zeigte sich unter anderem, daß bei bleibenden Zähnen und beim Zahnstein Werte auftraten, die im Bereich der Norm oder sogar unter denen anderer Vergleichsgruppen lagen.

Hingegen wiesen die Milchzähne von 26 untersuchten Kindern aus dem gleichen Gebiet sowohl höhere Blei- als auch Cadmium Gehalte auf, als Zahnkronen und Zahnstein der erwachsenen Bevölkerung.
Vergleicht man diese Resultate mit den Ergebnissen unserer Kollektive, so liegt der Schluß nahe, daß die Werte des Cadmium-Gehaltes von Rauchern (selbst von Zigarrenrauchern) in München unter den Werten der Bewohner in einem Cadmium-belasteten Gebiet liegen.

Bislang wurden Arbeiten erstellt über den Bleigehalt im Zahnstein bei Parodontopathien von SONNABEND, E. und HOHMANN, R. sowie Untersuchungen über Bleigehalt im Zahnstein, Zahnhartgeweben, Alveolarknochen und venösem Blut von SONNABEND, E. und EMSLANDER, N..

Von großem Interesse wäre, wenn in Zukunft bezüglich der obigen Themen Vergleichsstudien, den Cadmium-Gehalt betreffend, veröffentlicht würden.

5.2 Häufigkeitsverteilung der Rauchgewohnheit in Abhängigkeit vom Geschlecht

Zwischen männlichen und weiblichen Rauchern wurde bezüglich der inhalierten Rauchmenge kein signifikanter Unterschied gefunden.
Aus der uns bekannten Literatur konnten wir keine Vergleichsstudien finden.

5.3 Cadmium-Gehalte im Zahnstein in Abhängigkeit vom Geschlecht

In unserer Untersuchung zeigten sich sowohl Median- (signifikant) als auch MANN-WHITNEY-Test (hoch signifikant) einen Unterschied im Cadmium-Gehalt des Zahnsteins beim Vergleich der Gruppen "männliche Raucher - weibliche Raucher".

Frauen wiesen im Vergleich zu Männern einen um 0,082 µg Cd/g Zahnstein erhöhten Medianwert auf.

Von anderen Autoren wurde bislang keine Literatur vorgelegt, die sich mit Cadmium-Ablagerungen bei männlichen und weiblichen Rauchern im Zahn-, Mund- und Kieferbereich befaßt hätte.

Es lag daher nahe, unsere Arbeit mit der eines Autors zu vergleichen, der Cadmium-Werte bei männlichen und weiblichen Rauchern in Niere und Leber untersucht hatte.

DRASCH, G. (1983) stellte im Rahmen seiner Studie über die anthropogene Blei- und Cadmium-Belastung des Menschen Folgendes fest:
Bei 362 Sektionen an männlichen und weiblichen Leichen (Raucher) konnte keine Geschlechtsabhängigkeit der Cadmium-Konzentrationen in Leber und Nierenrinde gefunden werden.

5.4 Rauchmenge und Verteilung des Cadmiums

Folgende Autoren übermitteln eine Übersicht bezüglich der Verteilung des Cadmium-Gehaltes in den Organen bei Rauchern und Nichtrauchern:
Eine Untersuchung von SYVERSEN u. a. (1976) ergab signifikante Zusammenhänge zwischen Rauchgewohnheiten und Cadmium-Akkumulationen in Leber und Niere.

	Nichtraucher	Raucher (µg/g) Naßgewicht
Leber	1,4	1,9
Nierenrinde	17,8	23,8
Nierenmark	10,6	14,4

LEWIS und Mitarbeiter (1972) kamen auf folgende Cadmium-Konzentrationen:

	Nichtraucher	Raucher (µg/g)
Niere	13,2	31,1

EINBRODT und ROSMANITH (1976) fanden hochsignifikante Unterschiede zwischen den Cadmium-Blutspiegeln von Nichtrauchern und Rauchern:

	Nichtraucher	Raucher (µg/l)
Blut	2,2	3,3

DRASCH, G. (1983) kam zu folgendem Ergebnis:
Die Cadmium-Konzentration in der Leber lag bei Rauchern höher als bei Nichtrauchern.
In der Nierenrinde von Schwachrauchern (unter 20 Zigartten pro Tag) 41,5 µg/g, Starkrauchern (über 20 Zigaretten pro Tag) 73,4 g/g und Nichtrauchern 23,8 µg/g.

Allen Autoren gemeinsam ist das Ergebnis, daß Rauchen bei der Cadmium-Aufnahme einen bedeutsamen Faktor darstellt.

Leber und Niere speichern vermehrt Cadmium, was durch ihre Funktion als Entgiftungs- und Ausscheidungsorgane zu erklären ist.
Der Grund für die Kumulation von Cadmium in der Niere liegt in der extrem langen Halbwertszeit des Schwermetalls (zehn Jahre).

Vergleicht man Werte des Cadmium-Gehalts im Zahnstein mit den Cadmium-Werten verschiedener Organe, so stellt man fest, daß unsere Ergebnisse deutlich niedriger liegen. Organe stellen für die Cadmium-Belastung einen deutlicheren Indikator dar, als der von uns untersuchte Zahnstein. Jedoch konnte man die Organbelastung durch Cadmium bislang meist nur an Sektionsgut, den Zahnstein hingegen am Patienten in vivo relativ problemlos gewinnen.

Unsere Ergebnisse bezüglich der Cadmium-Belastung von Rauchern und Nichtrauchern stimmen, wenn auch mit niedrigeren Werten, im wesentlichen mit den Arbeiten von SYVERSEN, LEWIS, EINBRODT und DRASCH überein.

5.5. Cadmiumgehalt im Zahnstein in Abhängigkeit vom Beruf

SONNABEND, E., SONNTAG-DIERKS, L. (1982) ermittelten in ihrer Untersuchung, daß der Medianwert des Zahnsteins bei Industrie-Arbeitern als einziger höher lag als die fast gleichen Werte anderer Kollektive (Bewohner im Gebiet verschiedener Blei- und Zinkhütten).

Zahnsteinuntersuchungen verschiedener Berufsgruppen auf Blei- und Cadmium-Gehalt gleichzeitig finden wir bei SONNABEND, SANSONI, HERZOG und KRACKE (1976) bzw. HERZOG (1977). Sie fanden hohe Bleiwerte bei Arbeitern in der chemischen und Automobil-Industrie und für Cadmium hohe Werte bei Verkehrspolizisten und Chemie-Arbeitern.

Unsere Untersuchung wurde weniger berufsspezifisch durchgeführt. Jedoch zeigen unsere Ergebnisse eine ähnliche Tendenz.
Industrie-Arbeiter wiesen im Gegensatz zu "sonstigen Berufsgruppen" einen Medianwert auf, der um 0,013 µg Cd/g Zahnstein erhöht war.

5.6 Cadmium-Gehalt im Zahnstein in Abhängigkeit von der Nationalität

Deutsche Raucher wiesen einen wesentlich geringeren Gehalt an Cadmium im Zahnstein auf als ausländische Raucher.
Hierbei spielten die unterschiedlichen Ernährungs- und Rauchgewohnheiten sowie Art und Herkunft der Tabake der ausländischen Patienten sicher eine erhebliche Rolle.

6. ZUSAMMENFASSUNG

In der Literaturübersicht versuchten wir, einen Überblick zu vermitteln über die bisherigen Veröffentlichungen, die das Thema "Ökologische, physiologische und toxikologische Bedeutung des Cadmiums" beinhalteten.

Ziel unserer Untersuchung war es, den Cadmium-Gehalt des menschlichen Zahnsteins bei unterschiedlichen Rauchgewohnheiten festzustellen.

Drei Kollektive aus dem Bereich "Raucher" wurden untersucht und mit einer Kontrollgruppe "Nichtraucher" verglichen.
Dazu wurden Zahnsteinproben entnommen.
Die Atom-Absorptions-Spektrometrie in ihrer flammenlosen Ausführung im Graphitrohr diente als Spurenanalysen-Methode.
Es erfolgte eine statistische Auswertung unserer Analysenwerte.
Die Messungen an 134 Personen zeigten bei einem Vergleich der Kollektive, daß Raucher im Gegensatz zu Nichtrauchern deutlich erhöhte Cadmium-Werte im Zahnstein aufwiesen.

Frauen wiesen im Vergleich zu Männern einen um 0,082 µg Cd/g Zahnstein erhöhten Medianwert auf.

Bezüglich der inhalierten Rauchmenge konnte bei männlichen und weiblichen Rauchern kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Der Cadmium-Gehalt im Zahnstein von 33 untersuchten ausländischen Rauchern lag deutlich über den Ergebnissen bei 58 deutschen Rauchern.

Eine Untersuchung des Cadmium-Gehalts im Zahnstein von Industrie-Arbeitern, verglichen mit dem sonstiger Berufsgruppen, ergab eine sichtbare Erhöhung des Medianwertes (um 0,013 g Cd/µg Zahnstein).

Die Ergebnisse unserer Arbeit wurden mit Daten aus Untersuchungen, die vor allem in den letzten Jahren veröffentlicht worden waren, im Rahmen einer kritischen Auswertung verglichen.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ANDERSON, R. J., DAVIES, B. E., NUNN, J. H., JAMES, P.M.C.
The dental health of children from five villages in North Somerset with reference to environmental cadmium and lead.
Brit. Dent. J. 18, 147 (6) 159-161 (1979)

AUERMANN, E., DÄSSLER, H. G., CUMBROWSKI, J., KNEUER, M.:
Cadmium-Gehalt pflanzlicher Nahrungsmittel im Wirkungsbereich einer Bleihütte.
Die Nahrung 23, 9/10, 875-890 (1979)

AURAND, K., SONNEBORN, M.:
Metallgehalt in menschlichen Haaren und Zähnen verschiedener Bevölkerungsgruppen als Screening-Verfahren zur Überwachung der Cadmium-Belastung.
Comm. of the Europ. Communities Luxembourg 393-400, Kat. XIIb, 204 A (1975)

BAWDEN, J. W., HAMMARSTRÖM, L. F.:
Distribution of Cadmium in Developing Teeth and Bone of Young Rats.
Scand. J. Dent. Res. 83, 179-186 (1975)

BUI, T. H., LINDSTEN, J., NORDBERG, G. F.:
Chromosome analysis of lymphocytes from cadmium workers and itai-itai-patients.
Environ. Res. 9, 187 (1975)

Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen.
Cadmium oder seine Verbindungen.
A. W. Gentner-Verlag, Stuttgart (1977)

CARRUTHERS, M., SMITH, B.:
Evidence of cadmium toxicity in a population living in a zinc-mining area. - Pilot survey of Shipham residents.
Lancet, April, 845 (1979)

CUMBROWSKI, J., RAFFKE, W.:
Cadmium - ein Schadfaktor in der menschlichen Umwelt.
Z. ges. Hygiene 21 (1) 1 (1975)

CURZON, M. E. J., CROCKER, D. C.:
Relationship of trace elements in human tooth enamel to dental caries.
Arch. Oral. Biol. 23 (8) 647-653 (1978)

COUSINS, R. J., BARBER, A. K., TROUT, J. R.:
Cadmium toxicity growing swine.
J. Nutr. 103, 964-972 (1973)

DIEZ, Th., ROSOPULO, A.:
Schwermetallgehalte in Boden und Pflanzen nach extrem hohen Klärschlammgaben.
Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 33 (1) 236 (1976)

DRASCH, G.:
Die anthropogene Blei- und Cadmium-Belastung des Menscher Untersuchungen an Skelett und Organmaterial.
Habil.-Schrift, München (1983)

EINBRODT, H. J., ROSMANITH, J., PRAJSNAR, D.:
Der Cadmium-Gehalt im Blut und Rauchgewohnheiten.
Naturwissensch. 63, 148 (1976)

EMSLANDER, N.:
Untersuchungen über den Bleigehalt im Zahnstein, Zahnhartgeweben, Alveolarknochen und venösem Blut.
Med. Diss. München (1978)

FATHI, M., LORENZ, H.:
Bindungsformen von Quecksilber, Cadmium und Blei in Biotopen. - Verhalten in der Nahrungskette und Vorkommen in Nahrungsmitteln. - Metabolismus in Pflanze, Tier und Mensch. - Eine Literaturstudie.
Dietrich-Reimer-Verlag (1980)

FOSSE, G., JUSTESEN, N.:
Cadmium in decidous teeth of Norwegian children.
Int. J. Environ. Stud. 11, 17-27 (1977)
Int. J. Environ. Stud. 13, 19-34 (1978)

FRIBERG, L., PISCATOR, G., NORDBERG, G., KJELLSTRÖM, I.:
Cadmium in the environment.
2nd Edition, CRC Press, Cleveland/Ohio (1974)

FRIBERG, L.:
Cadmium in Shipham.
Lancet 1, 823-824 (1979)

HARVEY, T. C., CHETTLE, D. R., FREMLIN, J. H., HADDAD,I.K
Cadmium in Shipham - letter.
Lancet, March 10, 551 (1979)

HOCHRAINER, D., TAKENAKA, S., KÖNIG, H., OBERDÖRSTER, G., OLDIGES, H.:
Carcinogenity of cadmium aerosols in Wistar Rats.
Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Aerosolforschung, Text (1982)

IARC, International Agency for Research on Cancer.
Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to man.
Lyon (1976), II., 39 (1976)

JOAS, A.:
Cadmium in der Humantoxikologie. - Eine Literaturübersicht.
Med. Diss. München (1981)

KJELLSTRÖM, T.:
Exposure and accumulation of Cadmium in populations from Japan, the USA and Sweden.
Environ. Health Perspect, Feb. 28, 169-197 (1979)

KJELLSTRÖM, T., NORDBERG, G. F.:
A kinetic model of Cadmium metabolism in the human being.
Environ. Res. 16, 248 (1978), zit. nach JOAS (1981)

KOLONEL, L. N.:
Association of cadmium with renal cancer.
Cancer 37, 1782 (1976)

LAUB, E., WALIGORSKI, F., WOLLER, R.:
Über die Cadmium-Anreicherung in Champignons.
Z. Lebensm. Unters. Forsch. 164-269 (1977)

LEWIS, G. P., JUSKO, W. J., COUGHLIN, L. L.:
Cadmium accumulation in man: influence of smoking, occupation, alcoholic habit and disease (1972).
J. Chron. Dis. 25, 717, zit. nach UBA (1977)

LANGMYHR, F. J., SUNDLI, A., JONSEN, J.:
Atomic absorption spectrometric determination of cadmium and lead in dental material by atomization directly from the solid state.
Anal. Chem. Acta 73, 81-85 (1974)

LAUWERYS, R. R.:
Criteria (dose/effect relationships) for cadmium.
Comm. of the Europ. Communities, Pergamon Press, Oxford (197

LAUWERYS, R. R.:
Toxicology of Cadmium.
Comm. of the Europ. Communities, Brüssel (1982)

LAUWERYS, R. R.:
Ecotoxicology of Cadmium.
Comm. of the Europ. Communities, Brüssel (1981)

LAUWERYS, R. R., BUCHET, J. P., ROELS, H. A.:
The relationship between cadmium exposure or body-burden and the concentration of cadmium in blood and urin in man.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 36, 275 (1976)

LAUWERYS, R. R., BUCHET, J. P., ROELS, H. A.:
Intercomparison program of lead, mercury and cadmium analysis in blood, urin and aqueous solution.
Clin. Chem. 21 (4) 1551 (1975)

LEWIS, G. P., JUSKO, W. J., COUGHLIN, L. L.:
Cadmium accumulation in man: Influence of smoking, occupation, alcoholic habit and disease.
J. Chron. Dis. 25, 717 (1972) zit. nach UBA (1977)

NORDBERG, G. F. (ed.):
Effects and Dose-Response, Relationships of Toxic Metals.
Amsterdam, Elsevier (1976)

NORDBERG, M.:
Studies on metallothionein and cadmium.
Environ. Res. 15, 381 (1978)

NOGAWA, K., ISHIZAKI, A., FUKUSHIMA, M.:
Studies on the woman with acquired Fanconi-syndrome observe in the Ichi-river basin polluted by cadmium.
Environ. Res. 10, 280 (1975)

ÖSTERGAARD, K.:
The concentration of cadmium in renal tissue from smokers and non-smokers.
Acta Med. Scand. 202, 193 (1977)

ÖSTERGAARD, K.:
Renal cadmium concentration in relation to smoking habits and blood pressure.
Acta Med. Scand. 203, 379 (1978)

PAULEV, P., SOLGAARD, P., TJELL, J. C.:
Interlaboratory comparison of lead and cadmium in blood, urine and aqueous solutions.
Clin. Chem. 24 (10) 1797 (1978)

PISCATOR, M.:
The chronic toxicity of cadmium.
In: PRASAD, A. S. (ed.): Trace Elements in Human Health and Disease.
Vol. II, N. Y. 431 (1976)

PINCIN, M. J., NEWHAM, J., THOMPSON, R.P.J.:
Lead, copper and cadmium in teeth of normal and retarded children.
Clin. Chem. Acta 85, 89-94 (1978)

SCHULTE-SCHREPPING, K. H., KAUFMANN, L., MARQUARDT, L. C.:
Cadmium und Cadmium-Verbindungen.
Ullmanns Enzyklopädie der Techn. Chemie 9, 58-61 (1975)

SHEARER, T. R., JOHNSON, J. R., DeSART, D. J.:
Cadmium gradient in human and bovine animal.
J. Dent. Res. Jun. 59 (6) 1972 (1980)

SHIROISHI, K.:
Urin analysis for detection of cadmium-induced renal changes, with special reference to $ß_2$-microglobuline.
Environ. Res. 13, 407 (1977)

SONNABEND, E., SANSONI, B., HERZOG, J., KRACKE, W.:
Untersuchungen über den Blei- und Cadmium-Gehalt im Zahnstein bei verschiedenen Berufsgruppen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 189-191 (1976)

SONNABEND, E., BUNZL, K., KRACKE, W.:
Die Vorteile der Bestimmung von Umwelteinflüssen durch Blei und Cadmium im Bereich des Gebisses und das Verhalten dieser Werte bei den verschiedenen Parodontopathien.
Die Quintessenz 29 (4) 119-124 (1978)

SONNTAG-DIERKS, L.:
Über den Blei- und Cadmium-Gehalt des Zahnsteins und der Zähne bei Bewohnern im Gebiet verschiedener Blei- und Zinkhütten.
Med. Diss. München (1982)

SYVERSEN, T. L. M.:
Cadmium and zinc in human liver and kidney.
Scand. J. clin. Lab. Invest. 36, 251 (1976)

SZADOWSKI, D., SCHULTZE, H., SCHALLER, K. H., LEHNERT, G.:
Zur ökologischen Bedeutung des Schwermetallgehalts von Zigaretten.
Arch. Hyg. Bakteriol. 153, 1 (1969) zit. nach CEC (1978)

TASK GROUP ON METAL ACCUMULATION:
Environ. Physiol. Biochem. 3, 65 (1973) zit. nach NORDBERG (1976)

TSUCHIYA, K.:
Epidemiological studies on cadmium in the Environment in Japan: Etiology of itai-itai-disease.
Federation Proceedings 35 (2) 2412 (1976) zit. nach JOAS (1981)

UBA (Umwelt und Bundesamt):
Luftqualitätskriterien für Cadmium.
Berichte 4/77 (1977)

UBA (Umwelt und Bundesamt):
Cadmium-Bericht.
Texte 1/81 (1981)

UHLANDER, R. A., AXELSSON, O.:
Measurement of Blood-Cadmium-Levels.
The Lancet, April 13 (1974) zit. nach UBA (1977)

WHO (World-Health-Organization):
Evaluation of Certain Food Additives and the Contaminants Mercury, Lead and Cadmium.
WHO Technical Series Report 505, Genf (1972)

WHO (World-Health-Organization):
Recommended health-based permissible levels in occupational exposure to heavy metals. - Report of a study group.
WHO Technical Series Report 647, Genf (1980)

WILKINSON, R., PALMER, W.:
Lead in teeth as a function of age.
Amer. Lab. 1, 67-70 (1975)

WISOTSKY, H., HEIN, N.:
Administration of Cadmium to Experimental Animals Increased Caries.
JADA 57, 787 (1958)

Für die Überlassung des Themas möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. E. Sonnabend herzlich bedanken. Herrn Dr. G. Drasch vom Institut für Rechtsmedizin und Herrn Dipl.Physiker Dr. G. Hamm danke ich für ihre jederzeit zuvorkommende Unterstützung und Hilfestellung bei der Durchführung dieser Arbeit.

LEBENSLAUF

Name:	U Y G U N	Hayriye, geb. AKYOL
Geboren:	30.04.1953	in Aksehir/Türkei
Schule und Studium:	1960 - 1965	Grundschule in Ankara
	1975 - 1971	Mittelschule und Gymnasium in Bandirma
	1971	Diplom (Reifeprüfung)
	1971 - 1977	Studium der Zahnmedizin Hacettepe-Univ. Ankara
	1977	Diplom (Staatsexamen)
Fachlicher Werdegang:	1977 - 1979	Assistentin an der Hacettepe-Universität in Ankara (Zahnerhaltung und Parodontologie)
	Okt. 1979 - Nov. 1981	Gastzahnärztin an der Univ.-Zahnklinik München (Zahnerhaltung und Parodontologie)
	seit Nov. 1981	Wissenschaftliche Hilfskraft, Univ.-Zahnklinik München (Zahnerhaltung und Parodontologie)